

《用于水泥基材料矿物掺和料的铝灰》

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2024年7月

一、工作简况

(一) 任务来源

根据《关于下达 2023 年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第四批）的通知》（中制协字[2023] 55 号）的要求，《用于水泥基材料矿物掺合料的铝灰》为协会标准制定项目，计划号 2023-07-cbjh。

(二) 编制目的

1. 铝灰危害性

铝灰是铝工业(包括一次铝工业和二次铝工业)中产生的一种危险固体废弃物。铝灰中主要组成及其含量（质量分数）：单质铝含量 10%-30%；氧化铝含量 20%-40%；硅、镁和铁的氧化物含量 7%-15%；钾、钠、钙和镁的氯化物及其他微量氟化物含量 15%-30%。根据铝灰在回收利用过程中的使用次数和单质铝的含量，可将铝灰分为一次铝灰和二次铝灰。一次铝灰是电解氧化铝生产原铝过程中产生一种不溶于铝液的浮渣。一次铝灰中单质铝含量 30%-85%，此外，还含有氟化盐、氧化铝和氮化铝等物质。二次铝灰是二次铝工业重熔一次铝灰或废杂铝回收单质铝过程中产生的灰渣。二次铝灰中单质铝含量在 5%-20%之间，此外，还含有氧化铝、氮化铝、盐(氟化盐和氯化盐等)和二氧化硅等成分。

根据生态环境部 2024 年 1 月发布的《国家危险废物名录（修订稿）（征求意见稿）》，铝灰属于危险废物（编码为 HW48）。铝灰的危害性主要来源于 2 个方面：（1）与水或潮湿空气反应产生有毒、恶臭、易燃气体；（2）重金属。

(1) 与水或潮湿空气反应产生有毒、恶臭、易燃气体

铝灰中含有氮化铝、碳化铝、磷化铝、硫化铝、单质铝等物质，常温下与水（水汽）接触后会产生 NH_3 、 H_2S 、 CH_4 、 H_2 等具有恶臭、易燃、易爆性质的毒害气体，对自然环境和财产安全产生威胁。

(2) 重金属

铝灰中含有一定量的重金属，主要有 As、Pb、Cd、Cr、Zn、Mn 等。重金属不仅严重污染土壤、水源等，而且对人体也有极大的毒性。对人体的危害主要表现为慢性中毒、脑病变、贫血、慢性肾衰竭和致癌等，其中 Hg 及其化合物因具有极强的神经毒性，可对人体的多个器官会产生严重的损害。

2. 铝灰主要处理处置技术现状

国际上，现有的铝灰处理处置技术主要包括四种：（1）水泥窑协同处置；（2）湿法。

（1）水泥窑协同处置

水泥窑协同处置铝灰是指将铝灰作为原料投加到水泥生产工艺中，替代部分水泥原料，在有效去除飞灰氮化铝、单质铝的同时，将重金属固化稳定化在水泥熟料中，最终实现铝灰的无害化和资源化处置的过程。

水泥窑协同处置飞灰优点主要有：

1) 铝灰可以作为水泥替代原料

铝灰中含有大量的铝质化合物，与水泥的生料具有相似的原料组成，通过合理的配料设计后加入水泥窑中，高温煅烧条件下可以形成活性氧化铝，用于制备水泥熟料或者高铝水泥。有文献报道，将铝灰作为原料之一配置的水泥生料，当铝灰的替代比例在一定范围内时，不会对熟料的抗压强度造成影响。

2) 减少有毒有害气体的排放

铝灰中的氮化铝、碳化铝等有害物质在水泥窑中高温分解后形成一些非金属氧化物气体，部分被碱性环境吸收，其余部分可作为一般的废弃收集或者排放，大大降低了易燃易爆、有毒害气体的排放量。

3) 能够将重金属固化在水泥熟料中

采用水泥窑协同处置铝灰后，铝灰中的重金属元素被有效固化在水泥熟料中，且不产生灰渣，这已在实际应用中得到充分证实。

然而，水泥窑协同处置铝灰也存在诸多的弊端：

1) 成本高经济性差

高温煅烧铝灰能耗高，经济性差。在碳中和·碳达峰的战略背景下，使用高温煅烧的方式对工业固体废弃进行处置利用并不可取，进一步提升了铝灰处置的成本，不利于产品的经济性指标优化和规模化应用。

2) 处理量低

对于水泥窑协同处置工艺，优于铝灰的成分并不稳定，且波动范围较大，在水泥煅烧生产过程中不易实现质量控制，因此铝灰的替代比例往往较低，无法实现铝灰的规模化处置和产业化推广。

（2）湿法

湿法处理铝灰是指将铝灰与水等液态介质混合、在其他添加剂辅助作用下发生化学反应，氮化铝、单质铝及其化合物进行水解，产物主要为偏铝酸盐和滤渣，实现铝灰的无害化处理。

湿法处理工艺中，铝灰通过多级水解反应，对固相、液相、气相产物进行收集、分离、提纯等工艺进行产品化处理，可形成多种形态的化工、建材原料，实现铝灰的无害化处置和资源化利用。

基于湿法处置后的铝灰可以作为辅助胶凝材料用于水泥基材料，但需要将铝灰中氮化铝、单质铝、重金属等物质严格控制在一定的含量范围，避免在混凝土的碱性环境下，少量氮化铝、单质铝会继续发生水解反应，生成气体导致混凝土体积膨胀，力学性能降低，以及重金属等有害物质对水泥基材料的污染。

3. 标准编制的必要性

我国铝工业及铝制品行业发展迅速，大量铝灰的产生已经严重威胁到经济发展和人民的生命财产安全。但由于缺少切实可靠、规模化推广和产业化应用的无害化处理工艺和资源化利用方案，铝灰的处理与利用已经严重制约了铝工业的进一步发展。

因此，通过高效合理的工艺路线对铝灰进行处理，实现铝灰的无害化，以工业原材料的形式进入到工业生产和经济发展的循环当中，是推动铝灰资源化利用的重要途径。如何实现铝灰的大规模利用和高附加值利用，促进铝工业领域的碳中和、碳减排是亟待解决的重要课题。

本项目标准的建立，对于推动铝灰在水泥基材料中的合理、安全、规模化的利用具有里程碑式的意义。同时，有利于丰富水泥基材料的原材料的种类，优化水泥基材料及制品的成本具有重要价值。在国家双碳战略方针的指导下，本标准的制定对于推动大宗工业固废/危废的无害化处理和资源化利用，促进领域交叉融合，行业发展具有重大现实意义。

（三）标准编制单位

本标准由中国混凝土与水泥制品协会负责管理，由中国混凝土与水泥制品协会预拌混凝土分会牵头制定并组织编制工作，由广东至道先进土木工程材料技术研究有限公司负责编制，同时组织了国内众多铝灰生产、处置，混凝土、水泥制品研究、生产、应用等领域的企业参与，共同完成了本标准的技术调研、标准编

制、实验（试验）研究等工作。

本标准参与编制单位有：广东至道先进土木工程材料技术研究有限公司、广东汇江氢能产业工程技术研究有、佛山市汇江混凝土有限公司等。

（四）标准编制过程

1. 已完成工作

标准制订任务下达后，牵头单位着手筹建编制组，组织铝灰处理处置、技术研究、应用相关单位参与标准的编制，并对国内铝灰无害化处理及在水泥基材料（制品）中应用情况进行调研，收集相关资料，编制形成《用于水泥基材料矿物掺合料的铝灰》标准草案（初稿）。

2023年11月，在线上召开了编制组成立暨第一次工作会议。会上，成立了标准编制组；结合标准草案（初稿）内容，编制组成员对标准适用范围、主要技术内容、工作分工及进度安排等方面进行了认真深入的讨论和研究，确定了标准制订的主要内容，明确了各参编单位的分工及编制工作进度计划。

会后，按照第一次工作会议安排，在各参编单位积极配合下，标准编制组积极工作，对标准草案（初稿）进行多次修改完善，形成了《用于水泥基材料矿物掺合料的铝灰》（征求意见稿）（初稿）。

2024年9月，对标准征求意见稿内容完善提交标准管理部分公开向社会征求意见（以及在公开征求社会意见期内，向国内科研、检测单位采取定向征求书面意见）。

2. 后续工作计划

2024年10月，标准编制组将根据收到书面意见对征求意见稿进行补充修改，形成标准送审稿。

2024年11-12月，根据之前（2020年9月-2022年6月）开展的铝灰成分及重金属污染物分析、铝灰对水泥基材料的流变性能、力学性能及耐久性能研究结果等，并结合2024年1月生态环境部发布的《国家危险废物名录（修订稿）（征求意见稿）》的有关内容，标准编制组对标准文本进行了进一步修改，形成了送审材料。

计划于2024年内，在北京召开了《用于水泥基材料矿物掺合料的铝灰》标准审查会。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制原则

本标准根据 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则和有关规定进行编制，并按照工信厅科[2009]87号文件相关要求进行标准的编制工作，主要编制原则如下：

- （1）贯彻执行国家的政策、法规，与现行国家、行业等标准协调一致。
- （2）与国际接轨，相关指标积极参考国际标准。
- （3）标准具有科学性、先进性，促进行业健康发展与技术进步。
- （4）结合国内铝灰成分及相关污染物特点。
- （5）突出铝灰无害化处理和资源化利用。
- （6）保证水泥基材料产品质量和环境安全性。

（二）主要编制法律依据和参考的标准

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB 3095 环境空气质量标准

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB 6566 建筑材料放射性核素限量

GB 8978 污水综合排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB/T 176 水泥化学分析方法

GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法

GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法

GB/T 7484 水质氟化物的测定 离子选择电极法

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）

GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 39701 粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法

GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范

GB/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范

HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法

HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则

Q/ZD 46 水泥及矿物掺和料水浸法安定性试验方法

Q/ZD 46 混合材料（矿物掺和料）对水泥凝结时间的影响试验方法

Q/ZD 40 水泥砂浆扩展度试验方法

（三）标准主要条款及编制依据

1. 标准的适用范围

本部分是对本标准所适用的范围的界定，内容如下：

本文件规定了用于水泥基建筑材料的铝灰的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存。

本文件适用于可作水泥基建筑材料的铝灰。

2. 引用参考文件

本部分列出了在本标准中所引用的国家标准和行业标准等规范性文件，便于标准使用过程中进行快速检索，具体如下：

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 176 水泥化学分析方法

GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法

GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）

GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 39701 粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法

GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范

GB 6566 建筑材料放射性核素限量

GB 3095 环境空气质量标准

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB/T 7484 水质 氟化物的测定 离子选择电极法

GB 8978 污水综合排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范

HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法

HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则

Q/ZD 46 水泥及矿物掺和料水浸法安定性试验方法

Q/ZD 46 混合材料（矿物掺和料）对水泥凝结时间的影响试验方法

Q/ZD 40 水泥砂浆扩展度试验方法

3. 术语和定义

根据本标准的适用范围及内容，本部分对“铝灰”、“预处理”以及“预处理铝灰”进行了定义。

（1）铝灰 aluminum ash

电解铝、再生铝和铝材加工过程中，金属铝熔炼熔体在转移、净化、除杂过程中表面产生的浮渣，以及从含铝灰渣中回收金属铝的过程中产生的灰渣。

[来源：Q/ZD 27-2023，3.1]

（2）预处理 pretreatment

在pH值适宜的水相介质中，对铝灰中的氮化物、硫化物、单质铝、氯盐、氟盐、碱金属、重金属等物质进行去除，或者抑制其可浸出性或扩散性，使得预处理后的铝灰能满足水泥基材料矿物掺合料要求的过程。

（3）预处理铝灰 pretreated aluminum ash

铝灰经过预处理后产生的固体产物。

5. 技术要求

本部分规定了用于水泥基建筑材料的铝灰（原料铝灰）的产品质量指标。

水泥基建筑材料作为现代化城市建设中用量最大的建筑材料，其基本物质组成、理化性质对建筑物质量、使用安全性、耐久性有重大影响。因此，铝灰的化学组成、重金属物质含量等技术指标是铝灰的安全性指标的体现，是判断铝灰是

否可以用作水泥基建筑材料的关键技术指标。颗粒细度、活性指数、凝结时间、安定性以及胶凝材料与减水剂相容性的影响程度指标是矿物掺合料质量的基本判别依据，对胶凝材料的流变性能、力学性能以及耐久性能有直接影响。

基于以上原因，本标准设定了氮氧化物、硫化物（硫酸盐）、氯离子、氟化物以及碱金属的含量，砷（As）、铅（Pb）、镉（Cd）、铬（Cr）、铜（Cu）、镍（Ni）、锌（Zn）、锰（Mn）等重金属含量，放射性，细度（45 μ m方孔筛筛余），含水量，火星指数，流动度比，初凝时间增加值，安定性（沸煮法、水浸法），砂浆扩展度基准减水剂掺量增加值作为原料铝灰的性能指标。

具体指标数值设定的依据如下：

（1） 细度

考虑到铝灰中存在一定量的块状大颗粒，在湿法处理中无法完全处理和分离。同时，颗粒较大的部分可视为一般的砂石骨料，对铝灰的使用并不会有很大的影响，因此未对铝灰的粒径组成做明确要求。另一方面，粒径的大小会直接影响到铝灰的活性指标，对水泥基材料的强度不利。综合考虑，为保证尽可能多的铝灰可以用作水泥基建筑材料，本标准设定原料铝灰的细度指标为45 μ m方孔筛筛余不大于30%。

（2） 含水量

采用湿法处理的铝灰具有一定的含水量，并且用于水泥基建筑材料中可以允许含有一定的水分。综合考虑铝灰的运输，使用过程中的计量、输送等因素，本标准设定原料铝灰的含水量为不大于30%。

（3） 活性指数

铝灰中含有一定量的氧化铝，在水泥基材料中的碱性环境下反应会生成铝酸盐、硅铝酸盐等类似的水化产物，对水泥基建筑材料的发展具有一定的影响。但是，相比于粉煤灰、矿粉等矿物掺合料而言，铝灰中活性 Al_2O_3 的含量较低，活性指数相对较低。因此，参照GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》，综合考虑铝灰利用效率等因素，本标准设定原料铝灰的活性指数为3d不低于60%，28d不低于75%。

（4） 流动度比

通过对铝灰颗粒的微观形貌的观察，其表面粗糙，呈不规则形状，因此对水

泥基建筑材料的流动性会产生一定程度的影响。为保证使用铝灰的水泥基材料的流变性能不发生明显的降低，结合实验研究结果，本标准设定原料铝灰的流动度比不低于95%。

(5) 安定性

矿物掺合料的安定性是保证水泥建筑材料体积稳定性、结构安全性和耐久性的基础要求。并且，铝灰中存在一定量的遇水产生气体的物质会导致水泥基材料发生体积膨胀，对于铝灰的体积稳定性进行限定十分必要。因此，本标准设备原料铝灰的沸煮法安定性和水浸法安定性均为合格。

(6) 砂浆扩展度基准减水剂掺量增加值

矿物掺合料与减水剂的相容性是质量判断的重要依据，也是影响水泥基材料性能、质量、经济性的重要指标。因此，本标准设定原料铝灰对水泥基建筑材料与外加剂的相容性影响指标为基准减水剂掺量的增加值，并根据企业标准Q/ZD 40-2019《水泥砂浆扩展度试验方法》的规定，结合前期的实验研究结果，本标准设定原料铝灰的砂浆扩展度基准减水剂增加值不超过2.0%。

(7) 氮氧化物（以N元素计）

铝灰中的氮含量反应的是湿法处理过程中残留的AlN的含量，直接与铝灰在水泥基材料的碱性环境中NH₃的释放量和体积稳定性相关。为保证铝灰的毒害性被有效控制以及铝灰对水泥基材料的体积稳定性没有明显的降低，本标准设定原料铝灰中氮氧化物的含量低于0.2%。

(8) 硫化物和硫酸盐含量（以SO₃计）

铝灰中的硫化物是反应湿法处理过程中硫化铝残留量的重要指标，同时，硫会直接影响到水泥基材料的水化反应速率和体积稳定性。结合GB 175《通用硅酸盐水泥》、GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》、GB/T 18046《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》等矿物掺合料标准中对SO₃含量的限定，本标准设定原料铝灰中硫化物和硫酸盐含量（以SO₃计）不高于3.5%

(9) 氯（Cl⁻）

氯离子含量会直接影响水泥基材料对钢筋的保护性能，进而影响到混凝土结构物的安全性和耐久性。结合GB 175《通用硅酸盐水泥》、GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》、GB/T 18046《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉

矿渣粉》等标准中对Cl⁻含量的限定，考虑到铝灰中氯离子含量处于较高的水平，本标准设定原料铝灰中氯离子含量不超过0.2%。

(10) 氟化物浸出浓度

根据实验检测分析的结果，铝灰中含有一定量的氟化物，而氟化物的浸出会对地下水产生污染，也会影响建筑物的使用安全。结合GB 3838《地表水环境质量标准》对氟化物的限定以及对铝灰检测分析结果、使用方案等综合考虑，本标准设定原料铝灰中氟化物浸出浓度不超过20mg/L。

(11) 碱（以Na₂O+0.658K₂O计）

碱金属含量对水泥基材料的水化反应过程、耐久性能等有直接或间接的影响。铝灰中的碱金属含量处于较高的水平，湿法处理过程中需要对碱金属进行稀释处理。因此，结合常用矿物掺合料中碱金属含量的限定值以及前期实施的铝灰在水泥基材料中应用实验研究结果，本标准设定原料铝灰中的碱含量不超过1.0%。

(12) 重金属（As、Pb、Cd、Cr、Cu、Ni、Zn、Mn）含量

重金属离子含量的限定主要考虑的是地下水安全性和环境污染的要求。参照GB 3095《环境空气质量标准》、GB 3838《地表水环境质量标准》的要求，结合本项目前期实验中对铝灰成分的分析结果，本标准设定原料铝灰中的重金属含量不超过下表数值。

重金属元素种类	含量限值
砷（As）/mg/kg	≤40
铅（Pb）/mg/kg	≤100
镉（Cd）/mg/kg	≤1.5
铬（Cr）/mg/kg	≤100
铜（Cu）/mg/kg	≤100
镍（Ni）/mg/kg	≤100
锌（Zn）/mg/kg	≤500
锰（Mn）/mg/kg	≤600

(13) 放射性

参照GB 175《通用硅酸盐水泥》、GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤

灰》、GB/T 18046《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》等标准中对材料放射性的规定，本标准设定原料铝灰的放射性应满足《建筑材料放射性核素限量》GB 6566中建筑主体材料规定指标要求。

6. 试验方法

本部分规定了标准文本中第4章技术要求中指标的监测分析方法。各指标相应的试验方法选择依据如下：

(1) 细度

水泥原料的细度没有标准的检测方法，铝灰的原始细度范围及物理形态（灰色粉末）与水泥相近，因此采用了水泥的细度检测方法 GB/T 1345《水泥细度检验方法 筛析法》。

(2) 含水量

水泥原料的含水量没有标准的检测方法，参考了 GB/T 1596-2017《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》中的附录 B 含水量试验方法，根据铝灰物料特征，编写了原料铝灰中水分含量测试方法（附录 A）。

(3) 活性指数、流动度比和初凝时间增加值测定方法

参考 GB/T 17671《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》、GB/T 2419《水泥胶砂流动度测定方法》、GB/T 1346《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》等现有标准，编写了原料铝灰的活性指数、流动度比和初凝时间增加值测定方法（附录 B）。

(4) 沸煮法安定性试验方法

原料铝灰的沸煮法安定性试验方法采用 GB/T 1346《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》。

(5) 水浸法安定性试验方法

参照 GB/T 1346《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》编写了原料铝灰的水浸法安定性试验方法（附录 C）。

(6) 砂浆扩展度基准减水剂掺量增加值

水泥基材料的砂浆扩展度基准减水剂增加值没有标准试验方法，参考了 Q/ZD 40《水泥砂浆扩展度试验方法》标准，编写了原料铝灰的砂浆扩展度基准减水剂掺量增加值实验方法（附录 D）。

(7) 氮化物含量

原料铝灰的氮化物含量测定方法采用了GB/T 39701《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》。

(8) 硫化物和硫酸盐、氯、碱

原料铝灰的氮化物含量测定方法采用了GB/T 176《水泥化学分析方法》。

(9) 氟化物浸出浓度

原料铝灰的氟化物浸出方法采用了HJ/T 299《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》，浸出浓度测定方法采用了GB/T 7484《水质氟化物的测定 离子选择电极法》。

(10) 重金属

原料铝灰的重金属含量测定方法采用了HJ/T 299《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》。

(11) 放射性

原料铝灰的放射性测定方法采用了GB 6566《建筑材料放射性核素限量》。

7. 检验规则

本部分规定了原料铝灰的编号与取样、出厂检验、型式检验、判断规则、检验报告和仲裁。

编号是根据原料铝灰的生产特点（24小时连续生产，三班作业、按班区分产品批次且每班进行一次产品质量检测）设定的。

取样、出厂检验、型式检验、判断规则、检验报告和仲裁参考了GB/T 159《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》中的相应内容。

8. 包装、标志、运输和贮存

本部分规定了原料铝灰出厂包装、标志、运输与贮存相关要求。

包装和标志参考了GB/T 1596-2017《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》中的相应内容。

运输与贮存根据铝灰的理化性质提出了相关的要求。

三、主要试验（或验证）情况分析

（一）验证试验信息

本标准编制过程中收集了全国各地的铝灰样品8份。样品的来源如下：

佛山、肇庆、云浮、梅州、保定、淄博、南通、金华。

以上样品主要来源于华南、华北、江浙沪等主要铝工业、铝制品产区的大型电解铝、铝型材加工企业产生的二次铝灰原灰，在实验室经过湿法水解处理后形成的铝灰样品。

验证试验内容为验证含水量、细度（45 μm 方孔筛筛余）、活性指数、流动度比、初凝时间增加值、安定性（沸煮法、水浸法）、砂浆扩展度基准减水剂增加值、氮氧化物、硫化物和硫酸盐含量、氯离子、氟化物浸出浓度、碱含量以及重金属含量等指标的先进性和实用性。

验证试验用铝灰按照图 1 所示水解处理工艺进行预处理后实施验证试验：

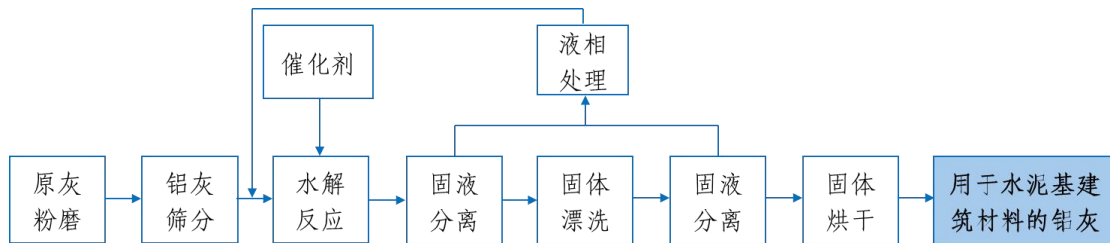


图 1 铝灰水解处理工艺流程图

(二) 验证试验结果

预处理铝灰主要技术要求（物理性质）验证试验结果

样品编号	项目								
	45 μm筛余 /%	含水量/%	活性指数/%		流动度比/%	初凝时间增加值 /min	安定性		砂浆扩展度基准减水剂增加值/%
			3d	28d			沸煮法	水浸法	
1	22.5	22.4	62.8	78.6	97.1	69	合格	合格	1.5
2	23.8	21.8	65.4	80.1	98.2	91	合格	合格	1.3
3	22.9	26.3	63.3	77.9	97.2	84	合格	合格	1.7
4	18.6	19.5	63.8	81.3	96.8	88	合格	合格	2.1
5	25.0	21.3	65.5	72.6	96.4	82	合格	合格	2.0
6	17.4	22.2	48.9	63.2	96.1	87	不合格	不合格	1.5
7	26.2	15.5	45.0	71.1	88.7	95	合格	合格	2.3
8	16.6	18.3	63.4	78.7	96.5	88	合格	合格	1.9
标准取值	≤30	≤30	≥60	≥75	≥95	≤90	合格	合格	≤2.0
单项合格率/%	100	100	75	75	87.5	75	87.5	87.5	75
整体合格率/%	73.6								

预处理铝灰主要技术要求（化学物质）验证试验结果

样品 编号	项目												
	氮氧化物 (以N元	硫化物和硫 酸盐含量(以	氯 (Cl ⁻)	氟化物浸出 浓度(以F ⁻	碱(以 Na ₂ O+0.658K ₂	砷(As) /mg/kg	铅(Pb) /mg/kg	镉(Cd) /mg/kg	铬(Cr) /mg/kg	铜(Cu) /mg/kg	镍(Ni) /mg/kg	锌(Zn) /mg/kg	锰(Mn) /mg/kg

	素计) /%	SO ₃ 计) /%	/%	计) /mg/L	O 计) /%								
1	0.15	3.6	0.14	10.5	0.48	5.6	11.0	0.03	18.8	103.3	65.9	340.3	607.2
2	0.18	2.1	0.11	12.1	0.56	7.3	9.4	0.12	76.5	76.3	67.3	782.1	480.1
3	0.11	2.5	0.20	23.2	0.83	12.0	8.8	0.48	88.4	91.0	90.1	62.1	52.9
4	0.30	3.2	0.15	25.0	0.78	11.6	32.6	0.70	27.1	28.2	43.2	180.9	107.8
5	0.10	4.0	0.23	18.5	1.22	6.8	19.1	1.80	13.0	19.6	150.5	539.3	529.2
6	0.24	3.3	0.09	9.6	0.96	5.5	9.9	0.96	21.9	55.4	28.9	498.2	436.2
7	0.20	2.7	0.12	17.4	1.35	9.1	3.5	1.41	26.0	111.4	33.1	600.3	338.1
8	0.1	2.4	0.17	16.1	1.28	11.3	4.3	0.66	121.9	90.5	45.7	289.1	99.5
标准取值	≤0.2	≤3.5	≤0.2	≤20	≤1.0	≤40	≤100	≤1.5	≤100	≤100	≤100	≤500	≤600
单项合格率/%	62.5	75	75	75	62.5	100	100	100	87.5	75	87.5	75	87.5
整体合格率/%	81.7												

基于研究结果，在实验室现有处理工艺条件下，所调研的样品存在未达到本标准提出的技术要求的情况。鉴于此，本研究实验对铝灰处理工艺条件进行了改造优化，重新对铝灰进行预处理后再次实施试验验证。试验验证结果如下表：

预处理铝灰主要技术要求（物理性质）验证试验结果

样品编号	项目								
	45 μ m筛余/%	含水量/%	活性指数/%		流动度比/%	初凝时间增加值/min	安定性		砂浆扩展度基准减水剂增加值/%
			3d	28d			沸煮法	水浸法	
1	22.5	21.4	64.8	81.6	97.5	69	合格	合格	1.5
2	23.8	22.8	69.4	84.1	98.3	87	合格	合格	1.3
3	22.9	22.3	65.3	83.9	98.2	84	合格	合格	1.7
4	18.6	23.5	65.8	85.3	97.8	88	合格	合格	1.4
5	25.0	23.3	70.5	78.6	95.4	82	合格	合格	2.0
6	17.4	20.2	61.9	83.2	98.1	87	合格	合格	1.5
7	26.2	19.5	64.0	81.1	93.7	84	合格	合格	1.8
8	16.6	21.3	68.4	82.7	96.8	88	合格	合格	1.9
标准取值	≤30	≤30	≥60	≥75	≥95	≤90	合格	合格	≤2.0
单项合格率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100
整体合格率/%	100								

预处理铝灰主要技术要求（化学物质）验证试验结果

样品编号	项目												
	氮氧化物 (以N元素计)/%	硫化物和硫酸盐含量(以SO ₃ 计)/%	氯(Cl ⁻)/%	氟化物浸出浓度(以F ⁻ 计)/mg/L	碱(以Na ₂ O+0.658K ₂ O计)/%	砷(As)/mg/kg	铅(Pb)/mg/kg	镉(Cd)/mg/kg	铬(Cr)/mg/kg	铜(Cu)/mg/kg	镍(Ni)/mg/kg	锌(Zn)/mg/kg	锰(Mn)/mg/kg

1	0.15	3.2	0.12	11.5	0.58	7.2	14.0	0.20	22.3	95.0	83.9	300.9	557.2
2	0.15	2.3	0.14	11.8	0.66	9.3	10.1	0.62	87.5	78.3	75.3	422.1	430.1
3	0.13	2.7	0.17	18.2	0.89	12.6	9.8	0.61	82.4	95.0	88.6	262.1	102.9
4	0.30	2.7	0.16	17.7	0.83	10.5	30.3	0.79	34.6	32.2	23.2	1090.9	137.2
5	0.13	3.2	0.18	18.1	1.00	6.1	17.5	1.45	19.9	29.6	95.5	439.3	268.2
6	0.20	3.1	0.09	10.6	0.96	8.5	10.4	0.96	23.5	52.1	38.9	458.2	306.2
7	0.17	2.7	0.12	16.4	0.95	12.1	6.2	1.30	28.0	89.4	63.1	395.3	318.6
8	0.16	2.4	0.15	18.1	0.98	12.3	7.3	0.66	96.9	79.4	51.7	389.1	209.5
标准取值	≤0.2	≤3.5	≤0.2	≤20	≤1.0	≤40	≤100	≤1.5	≤100	≤100	≤100	≤500	≤600
单项合格率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
整体合格率/%	100												

综合以上所有验证情况，可得：通过优化铝灰处理工艺路线及技术条件，试验范围内所有铝灰样品的技术参数均可以达到本标准提出的技术要求，可以证实本标准的先进性，并且对铝灰在水泥基材料行业的应用技术提升有积极促进作用。

四、标准中所涉及的专利

本标准涉及的专利如下表所示：

序号	专利名称	专利号	种类	专利权人
1	コンクリート用材料の生成方法 (混凝土用材料的制造方法)	JP7249075B1	日本 发明专利	佛山市混凝土有限公司 大阪分公司
2	耐火混凝土及其制备方法	2022107487770	中国 发明专利	广东至道先进土木工程材料技术研究 有限公司
3	用于混凝土的二次铝灰及其处 理方法	2022107506733	中国 发明专利	
4	二次アルミドロスの分別再利用 方法(二次铝灰的再生利用方 法)	2024-150196 (审查中)	日本 发明专利	广东汇江氢能产业 工程技术研究有限 公司

上述专利所属单位为本标准的主要参编成员单位，标准编制过程中已与上述专利权人单位进行充分沟通，就标准内容与相关专利技术协调方案达成一致意见，不存在知识产权相关的纠纷问题。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

我国是正处于城市化建设的高峰，工业体量快速发展的阶段，铝工业及铝制品行业告诉发展的同时，铝灰的产生量逐年增加，湿法处理铝灰工艺成为环保、高效、经济的主流工艺，但对于湿法处理后铝灰的利用尚处于摸索阶段，除了技术因素以外，还需要考虑环境影响和经济性因素。

作为近些年发展起来的新的处置手段，铝灰用于水泥基建筑材料为铝灰的规模化应用和批量化处置提供了可靠的技术路线，同时对优化建筑材料成本，实现变废为宝具有直接意义。因此，本标准的编制与实施对于推动铝灰的无害化处置和资源化利用具有重要的推动作用，具有良好的发展前景。

本标准中的铝灰用于水泥基建筑材料，具有环境风险可控、水泥及材料质量和生产运行稳定、处置规模更大等特点。

本标准的实施，将有助于解决制约铝工业发展的“卡脖子问题”，减少铝灰对环境的污染，促进铝灰处置、利用向专业化、产品化、规模化方向发展，实现社会、经济与和环境效益的统一。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

无。

七、本标准与现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）的一致性

本标准符合现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）的要求，具有协调一致性。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编制制定过程中，没有产生重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准作为推荐性中国混凝土与水泥制品协会产品标准发布并实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布实施后，相关部门应加强标准宣贯力度，提高标准实施效果，真正起到规范铝灰的资源化利用过程，保证铝灰用于水泥基建筑材料的质量稳定、技术成熟、环境友好，促进铝灰在水泥基建筑材料领域应用技术的发展与成熟。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他说明

无。